

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-223417
(P2000-223417A)

(43) 公開日 平成12年8月11日 (2000.8.11)

(51) Int.Cl.
H 0 1 L 21/205

識別記号

F I
H 0 1 L 21/205

キーワード* (参考)
5 F 0 4 5

審査請求 未請求 請求項の数43 OL (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平11-19651
(22) 出願日 平成11年1月28日 (1999.1.28)

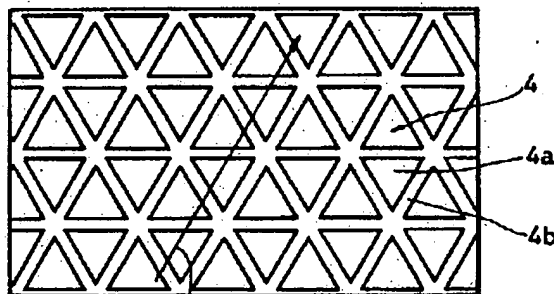
(71) 出願人 000002185
ソニー株式会社
東京都品川区北品川6丁目7番35号
(72) 発明者 富岡 聡
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内
(74) 代理人 100082762
弁理士 杉浦 正知
Fターム(参考) 5F045 AA04 AB09 AB14 AC03 AC08
AC12 AC13 AC18 AD11 AD14
AF09 BB12 CA10 CA12 DA53
DA55 DB02 DB04 CH09

(54) 【発明の名称】 半導体の成長方法、半導体基板の製造方法および半導体装置の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 格子定数や熱膨張係数が異なる基板の上に窒化物系 III-V 族化合物半導体などの半導体の厚膜を成長させても、反りや亀裂が発生しない半導体の成長方法、これを用いた半導体基板の製造方法および半導体装置の製造方法を提供する。

【解決手段】 成長マスクを用いて GaN などの窒化物系 III-V 族化合物半導体をこの半導体と異なる材料からなる基板、例えばサファイア基板に選択成長させるようにした半導体の成長方法において、成長マスクとして、3回対称または6回対称の対称性を有するパターンを少なくとも一部に含む成長マスク4を用いる。3回対称の対称性を有するパターンは例えば正三角形、6回対称の対称性を有するパターンは例えば正六角形である。このようにして厚膜の窒化物系 III-V 族化合物半導体層を選択成長させた後、基板をラッピングなどにより除去して窒化物系 III-V 族化合物半導体層のみを取り出し、これを基板として GaN 系半導体レーザなどの半導体装置を製造する。



$\langle 11\bar{2}0 \rangle$
または
 $\langle 1\bar{1}00 \rangle$

【特許請求の範囲】

【請求項1】 成長マスクを用いて半導体をこの半導体と異なる材料からなる基板上に選択成長させるようにした半導体の成長方法において、

上記成長マスクとして、ほぼ3回対称または6回対称の対称性を有するパターンを少なくとも一部に含む成長マスクを用いることを特徴とする半導体の成長方法。

【請求項2】 上記成長マスクとして、ほぼ3回対称または6回対称の対称性を有するパターンの繰り返しパターンからなる成長マスクを用いることを特徴とする請求項1記載の半導体の成長方法。

【請求項3】 上記半導体は窒化物系III-V族化合物半導体であることを特徴とする請求項1記載の半導体の成長方法。

【請求項4】 上記窒化物系III-V族化合物半導体をハライド気相エピタキシャル成長法またはハイドライド気相エピタキシャル成長法により成長させるようにしたことを特徴とする請求項3記載の半導体の成長方法。

【請求項5】 上記窒化物系III-V族化合物半導体を有機金属化学気相成長法により成長させるようにしたことを特徴とする請求項3記載の半導体の成長方法。

【請求項6】 上記窒化物系III-V族化合物半導体を分子線エピタキシー法により成長させるようにしたことを特徴とする請求項3記載の半導体の成長方法。

【請求項7】 上記基板はサファイア、炭化ケイ素、酸化亜鉛、スピネル、ケイ素またはヒ化ガリウムからなる基板であることを特徴とする請求項3記載の半導体の成長方法。

【請求項8】 上記成長マスクは誘電体からなることを特徴とする請求項3記載の半導体の成長方法。

【請求項9】 上記成長マスクは二酸化ケイ素、窒化ケイ素または酸化アルミニウムからなることを特徴とする請求項3記載の半導体の成長方法。

【請求項10】 上記成長マスクは二酸化ケイ素膜、窒化ケイ素膜および酸化アルミニウム膜からなる群より選ばれた少なくとも二つの膜の積層膜からなることを特徴とする請求項3記載の半導体の成長方法。

【請求項11】 上記成長マスクはIVa族の金属、Va族の金属、VIa族の金属およびNiからなる群より選ばれた少なくとも一種類の金属からなる金属膜または合金膜からなることを特徴とする請求項3記載の半導体の成長方法。

【請求項12】 上記成長マスクはIVa族の金属、Va族の金属、VIa族の金属およびNiからなる群より選ばれた少なくとも一種類の金属からなる金属膜または合金膜と誘電体膜との積層膜からなることを特徴とする請求項3記載の半導体の成長方法。

【請求項13】 上記成長マスクは選択成長する上記窒化物系III-V族化合物半導体の接合面が{11-20}面または{1-100}面となるように形成されて

いることを特徴とする請求項3記載の半導体の成長方法。

【請求項14】 成長マスクを用いて半導体をこの半導体と異なる材料からなる基板上に選択成長させるようにした半導体基板の製造方法において、

上記成長マスクとして、ほぼ3回対称または6回対称の対称性を有するパターンを少なくとも一部に含む成長マスクを用いることを特徴とする半導体基板の製造方法。

【請求項15】 上記成長マスクとして、ほぼ3回対称または6回対称の対称性を有するパターンの繰り返しパターンからなる成長マスクを用いることを特徴とする請求項14記載の半導体基板の製造方法。

【請求項16】 上記半導体は窒化物系III-V族化合物半導体であることを特徴とする請求項14記載の半導体基板の製造方法。

【請求項17】 上記窒化物系III-V族化合物半導体をハライド気相エピタキシャル成長法またはハイドライド気相エピタキシャル成長法により成長させるようにしたことを特徴とする請求項16記載の半導体基板の製造方法。

【請求項18】 上記窒化物系III-V族化合物半導体を有機金属化学気相成長法により成長させるようにしたことを特徴とする請求項16記載の半導体基板の製造方法。

【請求項19】 上記窒化物系III-V族化合物半導体を分子線エピタキシー法により成長させるようにしたことを特徴とする請求項16記載の半導体基板の製造方法。

【請求項20】 上記基板はサファイア、炭化ケイ素、酸化亜鉛、スピネル、ケイ素またはヒ化ガリウムからなる基板であることを特徴とする請求項16記載の半導体基板の製造方法。

【請求項21】 上記成長マスクは誘電体からなることを特徴とする請求項16記載の半導体基板の製造方法。

【請求項22】 上記成長マスクは二酸化ケイ素、窒化ケイ素または酸化アルミニウムからなることを特徴とする請求項16記載の半導体基板の製造方法。

【請求項23】 上記成長マスクは二酸化ケイ素膜、窒化ケイ素膜および酸化アルミニウム膜からなる群より選ばれた少なくとも二つの膜の積層膜からなることを特徴とする請求項16記載の半導体基板の製造方法。

【請求項24】 上記成長マスクはIVa族の金属、Va族の金属、VIa族の金属およびNiからなる群より選ばれた少なくとも一種類の金属からなる金属膜または合金膜からなることを特徴とする請求項16記載の半導体基板の製造方法。

【請求項25】 上記成長マスクはIVa族の金属、Va族の金属、VIa族の金属およびNiからなる群より選ばれた少なくとも一種類の金属からなる金属膜または合金膜と誘電体膜との積層膜からなることを特徴とする

請求項16記載の半導体基板の製造方法。

【請求項26】 上記成長マスクは選択成長する上記窒化物系III-V族化合物半導体の接合面が{11-20}面または{1-100}面となるように形成されていることを特徴とする請求項16記載の半導体基板の製造方法。

【請求項27】 上記半導体を選択成長させた後、上記基板を除去するようにしたことを特徴とする請求項14記載の半導体基板の製造方法。

【請求項28】 上記半導体を選択成長させた後、上記基板をラッピングまたはエッチングにより除去するようにしたことを特徴とする請求項14記載の半導体基板の製造方法。

【請求項29】 成長マスクを用いて半導体をこの半導体と異なる材料からなる基板上に選択成長させるようにした半導体装置の製造方法において、上記成長マスクとして、ほぼ3回対称または6回対称の対称性を有するパターンを少なくとも一部に含む成長マスクを用いることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項30】 上記成長マスクとして、ほぼ3回対称または6回対称の対称性を有するパターンの繰り返しパターンからなる成長マスクを用いることを特徴とする請求項29記載の半導体装置の製造方法。

【請求項31】 上記半導体は窒化物系III-V族化合物半導体であることを特徴とする請求項29記載の半導体装置の製造方法。

【請求項32】 上記窒化物系III-V族化合物半導体をハライド気相エピタキシャル成長法またはハイドライド気相エピタキシャル成長法により成長させるようにしたことを特徴とする請求項31記載の半導体装置の製造方法。

【請求項33】 上記窒化物系III-V族化合物半導体を有機金属化学気相成長法により成長させるようにしたことを特徴とする請求項31記載の半導体装置の製造方法。

【請求項34】 上記窒化物系III-V族化合物半導体を分子線エピタキシー法により成長させるようにしたことを特徴とする請求項31記載の半導体装置の製造方法。

【請求項35】 上記基板はサファイア、炭化ケイ素、酸化亜鉛、スピネル、ケイ素またはヒ化ガリウムからなる基板であることを特徴とする請求項31記載の半導体装置の製造方法。

【請求項36】 上記成長マスクは誘電体からなることを特徴とする請求項31記載の半導体装置の製造方法。

【請求項37】 上記成長マスクは二酸化ケイ素、窒化ケイ素または酸化アルミニウムからなることを特徴とする請求項31記載の半導体装置の製造方法。

【請求項38】 上記成長マスクは二酸化ケイ素膜、窒化ケイ素膜および酸化アルミニウム膜からなる群より選

ばれた少なくとも二つの膜の積層膜からなることを特徴とする請求項31記載の半導体基板の製造方法。

【請求項39】 上記成長マスクはIVa族の金属、Va族の金属、VIa族の金属およびNiからなる群より選ばれた少なくとも一種類の金属からなる金属膜または合金膜からなることを特徴とする請求項31記載の半導体装置の製造方法。

【請求項40】 上記成長マスクはIVa族の金属、Va族の金属、VIa族の金属およびNiからなる群より選ばれた少なくとも一種類の金属からなる金属膜または合金膜と誘電体膜との積層膜からなることを特徴とする請求項31記載の半導体装置の製造方法。

【請求項41】 上記成長マスクは選択成長する上記窒化物系III-V族化合物半導体の接合面が{11-20}面または{1-100}面となるように形成されていることを特徴とする請求項31記載の半導体装置の製造方法。

【請求項42】 上記半導体を選択成長させた後、上記基板を除去するようにしたことを特徴とする請求項29記載の半導体装置の製造方法。

【請求項43】 上記半導体を選択成長させた後、上記基板をラッピングまたはエッチングにより除去するようにしたことを特徴とする請求項29記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、半導体の成長方法、半導体基板の製造方法および半導体装置の製造方法に関し、特に、窒化物系III-V族化合物半導体を用いた半導体レーザや発光ダイオードあるいは電子走行素子の製造に適用して好適なものである。

【0002】

【従来の技術】近年、AlGaInNなどの窒化物系III-V族化合物半導体を用い、可視領域から紫外領域までの発光を得ることができる半導体レーザや発光ダイオードなどの半導体発光素子の開発が活発に行われている。その中でも特に、光記録の分野では、光ディスクなどの記録密度を向上させるために、短波長域の発光が得られる半導体レーザの実用化が求められている。

【0003】最近では、AlGaInN系半導体レーザにおいて、サファイア基板上に窒化ガリウム(GaN)からなるバッファ層を介して窒化物系III-V族化合物半導体層を有機金属化学気相成長(MOCVD)法により成長させることにより、室温における300時間の連続発振が達成されている(Jpn. J. Appl. Phys. 35, L74(1996), Jpn. J. Appl. Phys. 36, L1059(1997))。しかしながら、サファイア基板とGaNとでは格子定数も熱膨張係数も大きく異なることから、サファイア基板上に成長させた窒化物系III-V族化合物半導体層は $1 \times 10^8 \sim 1 \times 10^9$ 個/cm²程度の貫通転位(転位欠陥)が伝

播して結晶中を突き抜けた転位)を有しており、これが発光素子を作製した場合にその寿命を決める要因になっている。したがって、1万時間以上の実用的寿命を実現するためには、この貫通転位の密度を低減することが必要であり、これまでに種々の検討がなされている。

【0004】例えば、その一つにGaN基板の使用があるが、GaN基板の製造方法として現在有力視されている手法は、サファイア基板上にバッファ層を介してGaN層を成長させ、その上に1~4 μ m幅のストライプ状の二酸化ケイ素(SiO₂)膜を7 μ mのピッチで形成した成長マスクを形成し、この成長マスクを用いてサファイア基板上に塩化物気相エピタキシャル成長法によりGaN層を横方向に選択成長させた後、サファイア基板を除去することによりGaN基板を製造するものである(Jpn. J. Appl. Phys. 36, L899(1997))。この方法によれば、成長マスク上に成長したGaN層、すなわちGaN基板の貫通転位の密度を 1×10^7 個/cm²程度にまで低減することができる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述の従来のGaN基板の製造方法では、成長層の貫通転位の密度は減少するものの、成長膜厚が増大するにつれてサファイア基板との熱膨張係数差による歪みが大きくなり、結晶成長後の降温時に反りや亀裂が生じる。このため、サファイア基板の除去工程でのラッピング時に欠けや亀裂が増大し、基板の製造歩留まりが非常に低くなってしまう。また、この反ったGaN基板上に発光素子を作製する場合には、結晶成長後に行われるフォトリソグラフィ工程における露光時に露光装置の焦点深度が反りに対応することができないなど種々の問題があった。

【0006】したがって、この発明の目的は、格子定数や熱膨張係数が異なる基板上に窒化物系III-V族化合物半導体などの半導体の厚膜を成長させても、反りや亀裂が発生しない半導体の成長方法、この成長方法を用いた半導体基板の製造方法および半導体装置の製造方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明者の検討によれば、上述の従来技術の問題点である成長層の亀裂や反りは、基板との熱膨張係数差により成長層に発生した応力に臨界点があり、応力がそれを越えると成長層に亀裂が生じ、応力がそれ以下のときには反りとして発現するものである。そして、鋭意検討を行った結果、この亀裂が生じる方向には規則性があることを見出した。具体的には、GaNなどの窒化物系III-V族化合物半導体からなる成長層では、亀裂はその{11-20}面群または{1-100}面群に平行に発生することを見出した。また、本発明者は、ストライプ状のパターンを有する成長マスクを介して半導体を選択的に成長させると、ストライプに沿った方向の亀裂が減少することを見

い出した。

【0008】これらのことより、選択成長する窒化物系III-V族化合物半導体の接合面が{11-20}面または{1-100}面となるように成長マスクを形成することにより、成長層の亀裂や反りは大幅に減少する。このような成長マスクとしては、具体的には、3回対称または6回対称の対称性を有するパターンからなるものが有効である。

【0009】さらに、以上のことは、同様な性質を示す限り、窒化物系III-V族化合物半導体以外の半導体を成長させる場合にも同様に成立し得るものである。

【0010】この発明は、本発明者による以上のような検討に基づいて案出されたものである。

【0011】すなわち、上記目的を達成するために、この発明の第1の発明は、成長マスクを用いて半導体をこの半導体と異なる材料からなる基板上に選択成長させるようにした半導体の成長方法において、成長マスクとして、ほぼ3回対称または6回対称の対称性を有するパターンを少なくとも一部に含む成長マスクを用いることを特徴とするものである。

【0012】この発明の第2の発明は、成長マスクを用いて半導体をこの半導体と異なる材料からなる基板上に選択成長させるようにした半導体基板の製造方法において、成長マスクとして、ほぼ3回対称または6回対称の対称性を有するパターンを少なくとも一部に含む成長マスクを用いることを特徴とするものである。

【0013】この発明の第3の発明は、成長マスクを用いて半導体をこの半導体と異なる材料からなる基板上に選択成長させるようにした半導体装置の製造方法において、成長マスクとして、ほぼ3回対称または6回対称の対称性を有するパターンを少なくとも一部に含む成長マスクを用いることを特徴とするものである。

【0014】この発明において、典型的には、成長マスクとして、ほぼ3回対称または6回対称の対称性を有するパターンの繰り返しパターンからなるものを用いる。この成長マスクは、3回対称の対称性を有するパターンのみからなるものや、6回対称の対称性を有するパターンのみからなるもののほか、3回対称の対称性を有するパターンと6回対称の対称性を有するパターンとが混在するものであってもよい。

【0015】この発明において、選択成長させるべき半導体は、典型的には、窒化物系III-V族化合物半導体である。この窒化物系III-V族化合物半導体は、具体的には、ガリウム(Ga)、アルミニウム(Al)、インジウム(In)、ホウ素(B)およびタリウム(Tl)からなる群より選ばれた少なくとも一種のIII族元素と、少なくとも窒素(N)を含み、場合によってさらにヒ素(As)またはリン(P)を含むV族元素とからなる。この窒化物系III-V族化合物半導体の具体例を挙げると、GaN、AlGaN、AlN、

GaInN、AlGaInN、InNなどである。

【0016】この発明において、窒化物系III-V族化合物半導体の選択成長には、好適には、成長速度が速いハライド気相エピタキシャル成長法（塩化物気相エピタキシャル成長法はその一種）またはハイドライド気相エピタキシャル成長法（いずれも「HVPE法」と呼ぶ。）が用いられる。ここで、ハライド気相エピタキシャル成長法とは、ハロゲンが輸送もしくは反応に寄与する気相成長法を言う。窒化物系III-V族化合物半導体の選択成長には、有機金属化学気相成長（MOCVD）法や分子線エピタキシー（MBE）法などを用いてもよい。

【0017】この発明において、基板としては、選択成長させるべき半導体に応じて選ばれたものが用いられるが、特に窒化物系III-V族化合物半導体を選択成長させる場合には、サファイア、炭化ケイ素（SiC）、酸化亜鉛（ZnO）、スピネル、ケイ素（Si）、ヒ化ガリウム（GaAs）などからなるものが好適に用いられる。また、成長マスクとしては、具体的には、誘電体、例えば二酸化ケイ素（SiO₂）、窒化ケイ素（SiN）、酸化アルミニウム（Al₂O₃）などからなるもの、これらの誘電体の膜からなる群より選ばれた少なくとも二つの膜の積層膜、IVa族の金属（Ti、Zr、Hfなど）、Va族の金属（V、Nb、Taなど）、VIa族の金属（Cr、Mo、Wなど）およびNiからなる群より選ばれた少なくとも一種の金属からなる金属膜または合金膜からなるものや、IVa族の金属、Va族の金属、VIa族の金属およびNiからなる群より選ばれた少なくとも一種の金属からなる金属膜または合金膜と誘電体膜との積層膜からなるものなどが用いられる。

【0018】この発明において、選択成長させるべき半導体が窒化物系III-V族化合物半導体である場合、成長マスクは、選択成長する窒化物系III-V族化合物半導体の接合面が{11-20}面または{1-100}面となるように形成される。

【0019】この発明の第2および第3の発明においては、典型的には、半導体を選択成長させた後、基板をラッピング、エッチングなどにより除去する。

【0020】上述のように構成されたこの発明においては、成長マスクとして、ほぼ3回対称または6回対称の対称性を有するパターンを少なくとも一部に含む成長マスクを用いていることにより、この成長マスクを用いて窒化物系III-V族化合物半導体を基板上に選択成長させる場合、少なくとも成長マスクのうちほぼ3回対称または6回対称の対称性を有するパターンの部分では、成長マスクの各開口部から選択成長する窒化物系III-V族化合物半導体の接合面が{11-20}面または{1-100}面となるため、成長層は、基板との熱膨張係数差による応力が緩和され、反りや亀裂の発生を低

減することができる。このため、厚膜を成長させても、その亀裂や反りの発生を防止することができる。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。なお、実施形態の全図において、同一または対応する部分には同一の符号を付す。

【0022】まず、この発明の第1の実施形態によるGaN系半導体レーザの製造方法について説明する。図1～図8にこの製造方法を示す。このGaN系半導体レーザはSCH（Separate Confinement Heterostructure）構造を有するものである。

【0023】この第1の実施形態においては、まず、図1に示すように、C面サファイア基板1を用意し、その上に例えばMOCVD法により、例えば520℃の温度で厚さが例えば30nmのGaNバッファ層2を成長させる。このGaNバッファ層2は非晶質に近い結晶層からなり、その上に下地層を成長させる際の核となるものである。このGaNバッファ層2の成長においては、原料ガスとしては、例えば、トリメチルガリウム（CH₃）₃Ga）ガスとアンモニア（NH₃）ガスをを用いる。次に、このGaNバッファ層2上に、例えばMOCVD法により、例えば1020℃の温度で厚さが例えば2μmの下地GaN層3を成長させる。

【0024】次に、図2に示すように、下地GaN層3上に、例えばCVD法により、例えば450℃の温度で厚さが例えば0.1μmのSiO₂膜を形成した後、このSiO₂膜をフォトリソグラフィ法およびエッチング法によりパターンニングし、図3に示すようなパターン形状の成長マスク4を形成する。図3に示すように、この成長マスク4は、3回対称の対称性を有する正三角形パターンの開口部4aが所定幅のマスク部4bを介して配列されたマスクパターンを有する。ここで、この成長マスク4を構成する正三角形のパターンの辺はC面サファイア基板1の<11-20>方向または<1-100>方向に平行になるようにする。また、この成長マスク4の正三角形の開口部4aの辺の長さは例えば7μmとし、それらの間のマスク部4bの幅は例えば3μmとする。

【0025】次に、例えばアセトン（CH₃COCH₃）とメタノール（CH₃OH）とにより、成長マスク4を形成したC面サファイア基板1の洗浄を行い、さらに、希釈した塩酸（HCl）または希釈したフッ酸（HF）に10秒程度浸した後、純水により洗浄を行う。

【0026】次に、図4に示すように、成長マスク4を用いて、例えば塩化物気相エピタキシャル成長法により、例えば1000℃の温度でGaN層5を横方向に選択成長させる。このGaN層5の選択成長においては、例えば、1リットル/分の流量でアンモニア（NH₃）

ガスを流しながらC面サファイア基板1を1000℃まで加熱した後、金属Ga上に塩化水素(HCl)ガスを流し、塩化ガリウム(GaCl)ガスを供給する。GaClガスの供給条件は、成長速度が例えば40μm/時程度となるようにする。この選択成長の際には、成長マスク4の各開口部4aの下地GaN層3上からマスク部4b上に横方向に選択成長するGaN層の接合面は、成長マスク4の正三角形の開口部4aの辺がC面サファイア基板1の〈11-20〉方向に平行な場合にはGaNの〈11-20〉面となり、成長マスク4の正三角形の開口部4aの辺がC面サファイア基板1の〈1-100〉方向に平行な場合にはGaNの〈1-100〉面となる。これらの条件で例えば1時間GaNを選択成長させると、厚さが約40μmで表面が平坦な低結晶欠陥密度の高品質の単結晶の厚膜のGaN層5が得られる。図5にC面サファイア基板1およびGaN層5の結晶方位関係を示す。

【0027】このようにして選択成長されたGaN層5を光学顕微鏡により観察した所、反りや亀裂の発生は見られなかった。

【0028】次に、図6に示すように、C面サファイア基板1などをその裏面側から例えば機械的にラッピングすることにより除去し、選択成長されたGaN層5のみを取り出す。

【0029】次に、図7に示すように、このようにして得られた厚膜のGaN層5をGaN基板として用いて、その上に例えばMOCVD法によりn型AlGaInクラッド層6、n型GaN光導波層7、例えばGa_{1-x}In_xN/Ga_{1-y}In_yN多重量子井戸構造の活性層8、p型AlGaInキャップ層9、p型GaN光導波層10、p型AlGaInクラッド層11およびp型GaNコンタクト層12を順次成長させる。ここで、これらの層の下地となるGaN層5が低結晶欠陥密度の高品質の単結晶であることから、これらの層もまた低結晶欠陥密度の高品質の単結晶となる。ここで、Inを含まない層であるn型AlGaInクラッド層6、n型GaN光導波層7、p型AlGaInキャップ層9、p型GaN光導波層10、p型AlGaInクラッド層11およびp型GaNコンタクト層12の成長温度は例えば1000℃程度とし、Inを含む層であるGa_{1-x}In_xN/Ga_{1-y}In_yN多重量子井戸構造の活性層8の成長温度は例えば700~800℃とする。また、これらのGaN系半導体層の成長原料は、例えば、Ga原料としてはトリメチルガリウム((CH₃)₃Ga)、Al原料としてはトリメチルアルミニウム((CH₃)₃Al)、In原料としてはトリメチルインジウム((CH₃)₃In)、N原料としてはアンモニア(NH₃)を用いる。また、キャリアガスとしては、例えば、水素(H₂)と窒素(N₂)との混合ガスを用いる。ドーパントとしては例えばモノシラン(SiH₄)、p型

ドーパントとしては例えばメチルシクロペンタジエニルマグネシウム((MCP)₂Mg)を用いる。また、これらの層の厚さの一例を挙げると、n型AlGaInクラッド層6は0.5μm、n型GaN光導波層7は0.1μm、p型AlGaInキャップ層9は20nm、p型GaN光導波層10は0.1μm、p型AlGaInクラッド層11は0.5μm、p型GaNコンタクト層12は0.5μmとする。この後、p型AlGaInキャップ層9、p型GaN光導波層10、p型AlGaInクラッド層11およびp型GaNコンタクト層12にドーパされたアクセプタの電気的活性化のための熱処理を行う。この熱処理の温度は例えば700℃程度とする。

【0030】次に、図8に示すように、p型GaNコンタクト層12上に所定幅のストライプ形状のレジストパターン(図示せず)を形成した後、このレジストパターンをマスクとして、例えば反応性イオンエッチング(RIE)法によりp型AlGaInクラッド層11の厚さ方向の途中の深さまでエッチングし、リッジ部を形成する。

【0031】次に、リッジ部のp型GaNコンタクト層12上に例えばNi/Pt/Au膜からなるp側電極13を形成するとともに、GaN層5、すなわちGaN基板の裏面に例えばTi/Al/Pt/Au膜からなるn側電極14を形成する。

【0032】この後、上述のようにしてレーザ構造が形成されたGaN層5、すなわちGaN基板を劈開によりバー状に加工して両共振器端面を形成し、さらにこれらの共振器端面に端面コーティングを施した後、このバーを劈開によりチップ化する。以上により、目的とするSCH構造のGaN系半導体レーザが製造される。

【0033】以上のように、この第1の実施形態によれば、3回対称の対称性を有する正三角形パターンの開口部4aがマスク部4bを介して配列されたマスクパターンを有する成長マスク4を用いてGaN層5を選択成長させていることにより、このGaN層5はC面サファイア基板1との熱膨張係数差による応力が緩和され、反りや亀裂の発生を抑えることができる。このため、厚膜のGaN層5を成長させても、その亀裂や反りの発生を有効に防止することができ、高品質の単結晶のGaN層5を得ることができる。このようにGaN層5の亀裂や反りの発生を防止することができることにより、GaN層5のみを取り出すためにC面サファイア基板1をラッピングにより除去する際に欠けや亀裂が増大する問題がなく、GaN基板を高い歩留まりで製造することができる。そして、このようにして得られるGaN基板上にレーザ構造を形成するGaN系半導体層を成長させ、さらにリッジ部を形成し、p側電極13およびp側電極14を形成することにより、GaAs系半導体レーザと同様に、素子表面にp側電極が形成され、基板裏面にn側電極が形成された構造を有するGaN系半導体レーザを通

常の劈開による共振器端面形成により、高い歩留まりで効率よく製造することができる。また、GaN基板が平坦であるため、結晶成長後に行われるフォトリソグラフィ工程における露光時に露光装置の焦点深度が反りに対応することができないという問題もない。さらに、GaN基板を用いていることにより、GaN系半導体レーザの製造工程における自由度を高くすることができる。

【0034】次に、この発明の第2の実施形態によるGaN系半導体レーザの製造方法について説明する。

【0035】この第2の実施形態においては、下地GaN層3上に形成する成長マスク4として、図9に示すようなパターン形状のものを用いる。図9に示すように、この成長マスク4は、6回対称の対称性を有する正六角形パターンの開口部4aが所定幅のマスク部4bを介して配列されたマスクパターンを有する。ここで、この成長マスク4の正六角形の開口部4aの辺はC面サファイア基板1の〈11-20〉方向または〈1-100〉方向に平行になるようにする。また、この成長マスク4の正六角形の開口部4aの辺の長さは例えば7 μ mとし、それらの間のマスク部4bの幅は例えば3 μ mとする。その他のことは第1の実施形態と同様であるので、説明を省略する。

【0036】この第2の実施形態によっても、第1の実施形態と同様な利点を得ることができる。

【0037】次に、この発明の第3の実施形態によるGaN系半導体レーザの製造方法について説明する。

【0038】この第3の実施形態においては、図10に示すように、C面サファイア基板1上に直接、成長マスク4を形成する。この成長マスク4としては、図3または図9に示すようなマスクパターンのものを用いる。そして、この成長マスク4を用いて、C面サファイア基板1上にGaN層5を選択成長させる。その他のことは第1の実施形態と同様であるので、説明を省略する。

【0039】この第3の実施形態によっても、第1の実施形態と同様な利点を得ることができるほか、成長マスク4が形成されたC面サファイア基板1上に直接、GaN層5を選択成長させていることにより、GaN基板の製造に必要な成長は1回で済み、したがってGaN系半導体レーザの製造コストの低減を図ることができるという利点をも得ることができる。

【0040】以上、この発明の実施形態について具体的に説明したが、この発明は、上述の実施形態に限定されるものではなく、この発明の技術的思想に基づく各種の変形が可能である。

【0041】例えば、第1～第3の実施形態において挙げた数値、構造、基板、原料、プロセスなどはあくまでも例に過ぎず、必要に応じて、これらと異なる数値、構造、基板、原料、プロセスなどを用いてもよい。

【0042】具体的には、第1～第3の実施形態においては、GaN層5の選択成長にHVPE法を用いている

が、必要に応じて、HVPE法の代わりに、MOCVD法やMBE法を用いてもよい。また、GaNバッファ層2や下地GaN層3やレーザ構造を形成するGaN系半導体層の成長には、MOCVD法の代わりに、MBE法やHVPE法を用いてもよい。

【0043】さらに、第1～第3の実施形態においては、この発明をGaN系半導体レーザの製造に適用した場合について説明したが、この発明は、GaN系発光ダイオードの製造に適用してもよく、さらには、GaN系FETなどのGaN系電子走行素子の製造に適用してもよい。

【0044】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、成長マスクとして、ほぼ3回対称または6回対称の対称性を有するパターンを少なくとも一部に含む成長マスクを用いることにより、格子定数や熱膨張係数が異なる基板上に窒化物系III-V族化合物半導体などの半導体の厚膜を成長させても、反りや亀裂が発生するのを防止することができる。そして、このようにして選択成長される厚膜の半導体膜を用いて半導体基板を製造することができ、さらにはこの半導体基板を用いて各種の半導体装置を製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1の実施形態によるGaN系半導体レーザの製造方法を説明するための断面図である。

【図2】この発明の第1の実施形態によるGaN系半導体レーザの製造方法を説明するための断面図である。

【図3】この発明の第1の実施形態によるGaN系半導体レーザの製造方法においてGaN層の選択成長に用いられる成長マスクを示す平面図である。

【図4】この発明の第1の実施形態によるGaN系半導体レーザの製造方法を説明するための断面図である。

【図5】この発明の第1の実施形態においてC面サファイア基板およびその上に選択成長されるGaN層の結晶方位関係を示す略線図である。

【図6】この発明の第1の実施形態によるGaN系半導体レーザの製造方法を説明するための断面図である。

【図7】この発明の第1の実施形態によるGaN系半導体レーザの製造方法を説明するための断面図である。

【図8】この発明の第1の実施形態によるGaN系半導体レーザの製造方法を説明するための断面図である。

【図9】この発明の第2の実施形態によるGaN系半導体レーザの製造方法においてGaN層の選択成長に用いられる成長マスクを示す平面図である。

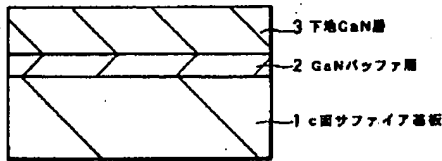
【図10】この発明の第3の実施形態によるGaN系半導体レーザの製造方法を説明するための断面図である。

【符号の説明】

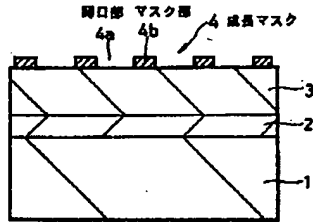
1・・・C面サファイア基板、3・・・下地GaN層、4・・・成長マスク、4a・・・開口部、4b・・・マスク部、5・・・GaN層、6・・・n型AlGaNク

ラッド層、7・・・n型Ga_{0.9}In_{0.1}N光導波層、8・・・活性層、9・・・p型Al_{0.3}Ga_{0.7}Nキャップ層、10・・・p型Ga_{0.9}In_{0.1}N光導波層、11・・・p型Al_{0.3}Ga_{0.7}Nクラッド層、12・・・p型Ga_{0.9}In_{0.1}Nコンタクト層、13・・・p側電極、14・・・n側電極

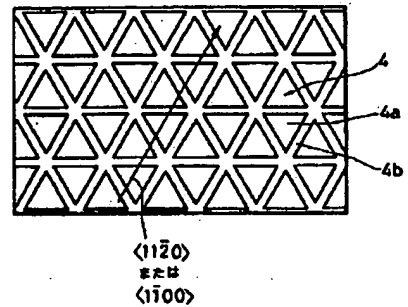
【図1】



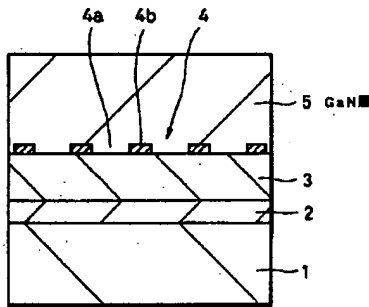
【図2】



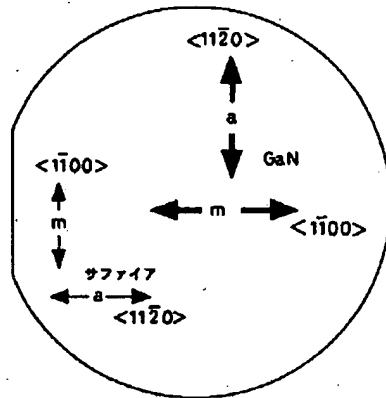
【図3】



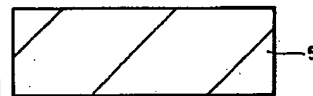
【図4】



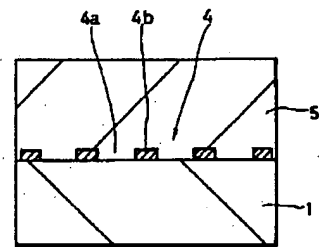
【図5】



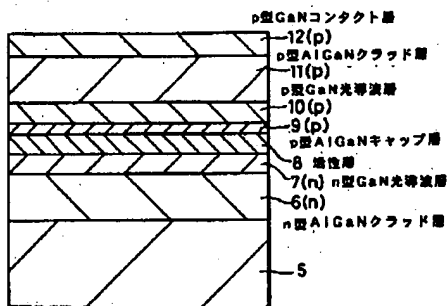
【図6】



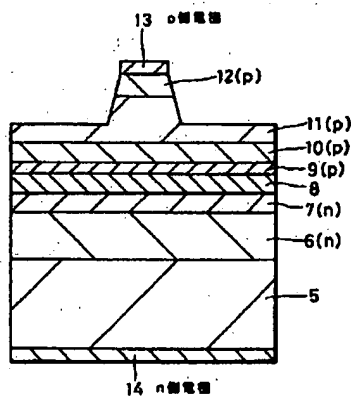
【図10】



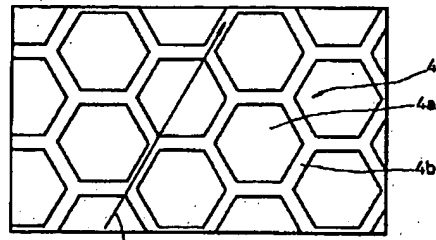
【図7】



【図8】



【図9】



$\langle 11\bar{2}0 \rangle$
■
 $\langle 1\bar{1}00 \rangle$